Firmato digitalmente da
NICOLA FERNANDO CALABRESE
CN = CALABRESE NICOLA FERNANDO
SerialNumber = TINIT-CLBNLF75A06G793L
e-mail = nicolafernando75@gmail.com
C = IT

	REALIZZAZIONE CP INFRASTRUCTURE ITALIA LAND 9 S.R.L. DI MELZO (MI) E RELATIVA CONNESSIONE ALLA CP INFRASTRUCTURE ITALIA LAND 6 S.R.L. DI LISCATE (MI) TRAMITE DOPPIA TERNA DI UN ELETTRODOTTO AT 220 kV IN CAVO INTERRATO	**INFRASTRUCTURE ITALIA LAND 9 S.R.L.** **VIA DEL BOSCO RINNOVATO, 6** **20057 Assago (MI)** infrastructure.italia.land9@twtcert.it

PIANO TECNICO DELLE OPERE

REALIZZAZIONE CP INFRASTRUCTURE ITALIA LAND 9 S.R.L. DI MELZO (MI) E RELATIVA CONNESSIONE ALLA CP INFRASTRUCTURE ITALIA LAND 6 S.R.L. DI LISCATE (MI) TRAMITE DOPPIA TERNA DI UN ELETTRODOTTO AT 220 kV IN CAVO INTERRATO

VALUTAZIONE DEI CAMPI ELETTRICO E MAGNETICO E CALCOLO DELLE FASCE DI RISPETTO

Storia delle revisioni		
Rev.00	del 07/05/2025	Prima emissione

Elaborato	CODIFICA	Verificato	**Approvato**
F. Buglione D. Morelli A. Raimondo Team STF	SIL9-PT-AT-DPA-01_00	G. Fiorenza Team STF	N. Calabrese C. Fiorenza Team STF g

Sommario

1 PREMESSA 4

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 5

2.1 Richiamo delle Leggi di riferimento 7

2.2 Richiamo delle Norme tecniche di riferimento 8

2.2.1 Norme CEI 8

2.2.2 Norme tecniche diverse 8

3 CARATTERISTICHE DELL'ELETTRODOTTO IN CAVO OGGETTO DI VALUTAZIONE DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO 9

3.1 Caratteristiche principali elettriche dell'elettrodotto oggetto di nuova costruzione 9

3.1.1 Caratteristiche principali dell'elettrodotto in cavo a 220 kV 9

3.2 Caratteristiche geometriche dell'elettrodotto in cavo 9

3.3 Disposizione delle fasi 10

3.4 Valori di corrente caratteristici degli elettrodotti interessati e/o interferenti 10

4 VALUTAZIONE CAMPO ELETTRICO PER L'ELETTRODOTTO INTERESSATO DALL'OPERA 11

5 VALUTAZIONE DELLE FASCE DI RISPETTO E DELL'INDUZIONE MAGNETICA 12

5.1 Definizioni 12

5.2 Metodologia di valutazione 12

5.3 Calcolo delle fasce di rispetto 13

5.3.1 Calcolo delle fasce di rispetto per la linea in cavo 13

5.3.2 Calcolo delle fasce di rispetto per la Cabina Primaria 16

6 INDIVIDUAZIONE ED ANALISI DELLE STRUTTURE INTERESSATE 18

6.1 Dati utilizzati per l'individuazione e l'analisi 18

6.2 Individuazione delle strutture potenzialmente interessate 18

6.2.1 Strutture categoria 1 19

6.2.2 Strutture categoria 2 19

6.2.3 Strutture categoria 3 19

7 CONCLUSIONI 19

1 Schermature **20**

1.1 Canalette schermanti 20

1.1.1 Capacità schermante delle canalette 22

1.2 Loop Passivi 23

1 PREMESSA

La presente relazione, ha lo scopo di evidenziare l'ottemperanza alla normativa vigente in merito ai campi elettrici e magnetici relativamente all'elettrodotto in cavo interrato, doppia terna, **AT 220 kV "CP INFRASTRUCTURE ITALIA LAND 6 S.R.L. DI LISCATE (MI) - CP INFRASTRUCTURE ITALIA LAND 9 S.R.L. DI MELZO (MI)" nonché della C.P. INFRASTRUCTURE ITALIA LAND 9 S.R.L DI MELZO (MI)**.

Tali valutazioni sono state fatte nel pieno rispetto del **D.P.C.M. dell'8 luglio 2003**, "*Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti*", nonché della "*Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti*", approvata con D.M. 29 maggio 2008 (pubblicato in G.U. n. 156 del 05/07/2008 – Supplemento Ordinario n. 160).

I valori indicati sono i seguenti:

- **Limite di esposizione**: 100 μT per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci;
- **Valore di attenzione**: 10 μT per l'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio, da osservare negli ambienti abitativi, nelle aree gioco per l'infanzia, nelle scuole ed in tutti quei luoghi dove si soggiorna per più di quattro ore al giorno;
- **Obiettivo di qualità**: 3 μT per l'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio, che deve essere rispettato nella progettazione dei nuovi elettrodotti in corrispondenza degli ambienti e delle aree definiti al punto precedente e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazione elettriche esistenti.

Per "**fasce di rispetto**" si intendono quelle definite dalla **Legge 22 febbraio 2001 n° 36**, ovvero il volume racchiuso dalla curva isolivello a 3 μT, all'interno delle quali non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore, da determinare in conformità alla metodologia di cui al D.P.C.M. 08/07/2003.

Tale DPCM prevede (art. 6 comma 2) che l'APAT (ora ISPRA), sentite le ARPA, definisca la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l'approvazione del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Con Decreto 29 maggio 2008 (pubblicato in G.U. n. 156 del 05/07/2008 – Supplemento Ordinario n. 160) il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha approvato la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti.

Le valutazioni delle fasce di rispetto e dei campi elettromagnetici effettuati nella presente relazione si riferiscono all'opera in oggetto composta dai seguenti interventi:

- elettrodotto AT 220 kV in cavo interrato " C.P. Infrastructure Italia Land 2 S.R.L di Siziano (PV)";

- elettrodotto AT 132 kV in cavo interrato "C.P. Infrastructure Italia Land 6 S.R.L di Liscate (MI) - C.P. Infrastructure Italia Land 9 S.R.L. di Melzo (MI)";
- C.P. Infrastructure Italia Land 9 S.R.L. di Melzo (MI).

Maggior dettagli sugli interventi sopra citati possono essere individuati nella relazione tecnica generale illustrativa.

La proiezione al suolo della fascia di rispetto insieme alle strutture interamente o in parte ricadenti all'interno della medesima fascia, e pertanto oggetto di approfondimenti nella presente relazione ai fini dello studio sull'esposizione al campo magnetico, sono riportati nei seguenti elaborati:

- SIL9-PT-AT-DPA-02_00, Planimetria catastale con indicazione delle D.P.A.;
- SIL9-PT-AT-DPA-03_00, Corografia su CTR con indicazione delle D.P.A.;
- SIL9-PT-AT-DPA-04_00, Ortomosaico con indicazione delle D.P.A..

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le linee guida per la limitazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ed ai campi elettromagnetici sono state indicate nel 1998 dalla ICNIRP (Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti).

Il 12.07.1999 il Consiglio dell'Unione Europea (UE) ha emesso una Raccomandazione agli Stati Membri volta alla creazione di un quadro di protezione della popolazione dai campi elettromagnetici, che si basa sui migliori dati scientifici esistenti; a tale proposito il Consiglio ha avallato proprio le linee guida dell'ICNIRP. Successivamente nel 2001, a seguito di un'ultima analisi condotta sulla letteratura scientifica, un Comitato di esperti della Commissione Europea ha raccomandato alla UE di continuare ad adottare tali linee guida.

Lo Stato Italiano è successivamente intervenuto, con finalità di riordino e miglioramento della normativa in materia allora vigente in Italia attraverso la Legge quadro 36/2001, che ha individuato ben tre livelli di esposizione ed ha affidato allo Stato il compito di determinarli e aggiornarli periodicamente in relazione agli impianti che possono comportare esposizione della popolazione a campi elettrici e magnetici con frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz.

L'art. 3 della **Legge quadro 36/2001** ha definito:

- *limite di esposizione,* il valore di campo elettromagnetico da osservare ai fini della tutela della salute da effetti acuti;
- *valore di attenzione*, quel valore del campo elettromagnetico da osservare quale misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine;
- *obiettivo di qualità*, come criterio localizzativo e standard urbanistico, oltre che come valore di campo elettromagnetico ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione.

Tale legge quadro italiana, come ricordato dal citato Comitato di esperti della Commissione Europea, è stata emanata nonostante le raccomandazioni del Consiglio dell'Unione Europea del 12.07.1999 sollecitassero gli Stati membri ad utilizzare le linee guida internazionali stabilite dall'ICNIRP. Tutti i paesi dell'Unione Europea hanno accettato il parere del Consiglio della UE, mentre l'Italia ha adottato misure più restrittive di quelle indicate dagli Organismi internazionali. In esecuzione della predetta Legge quadro, è stato infatti emanato il **D.P.C.M. 08.07.2003** "*Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti.*", che ha:

- fissato il limite di esposizione in 100 μT per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico;
- stabilito il valore di attenzione di 10 μT, a titolo di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere;
- fissato a 3 μT l'obiettivo di qualità da osservare nella progettazione di nuovi elettrodotti.

È stato altresì esplicitamente chiarito che tali valori sono da intendersi come mediana di valori nell'arco delle 24 ore, in condizioni normali di esercizio. Si segnala come i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità stabiliti dal Legislatore italiano siano rispettivamente 10 e 33 volte più bassi se si considera il raffronto con le nuove Linee Guida ICNIRP.

Al riguardo è opportuno anche ricordare che, in relazione ai campi elettromagnetici, la tutela della salute viene attuata – nell'intero territorio nazionale – esclusivamente attraverso il rispetto dei limiti prescritti dal D.P.C.M. 08.07.2003, al quale soltanto può farsi utile riferimento. In tal senso, con sentenza n. 307 del 7.10.2003 la **Corte Costituzionale ha dichiarato l'illegittimità di alcune leggi regionali in materia di tutela dai campi elettromagnetici**, per violazione dei criteri in tema di ripartizione di competenze fra Stato e Regione stabiliti dal nuovo Titolo V della Costituzione[1]. Come emerge dal testo della sentenza, una volta

[1] Nella sentenza (pag. 51 e segg.) si legge testualmente: "*L'esame di alcune delle censure proposte nei ricorsi presuppone che si risponda all'interrogativo se i valori–soglia (limiti di esposizione, valori di attenzione, obiettivi di qualità definiti come valori di campo), la cui fissazione è rimessa allo Stato, possano essere modificati dalla Regione, fissando valori–soglia più bassi, o regole più rigorose o tempi più ravvicinati per la loro adozione. La risposta richiede che si chiarisca la ratio di tale fissazione. Se essa consistesse esclusivamente nella tutela della salute dai rischi dell'inquinamento elettromagnetico, potrebbe invero essere lecito considerare ammissibile un intervento delle Regioni che stabilisse limiti più rigorosi rispetto a quelli fissati dallo Stato, in coerenza con il principio, proprio anche del diritto comunitario, che ammette deroghe alla disciplina comune, in specifici territori, con effetti di maggiore protezione dei valori tutelati (cfr. sentenze n. 382 del 1999 e n. 407 del 2002). Ma in realtà, nella specie, la fissazione di valori–soglia risponde ad una ratio più complessa e articolata. Da un lato, infatti, si tratta effettivamente di proteggere la salute della popolazione dagli effetti negativi delle emissioni elettromagnetiche (e da questo punto di vista la determinazione delle soglie deve risultare fondata sulle conoscenze scientifiche ed essere tale da non pregiudicare il valore protetto); dall'altro, si tratta di consentire, anche attraverso la fissazione di soglie diverse in relazione ai tipi di esposizione, ma uniformi sul territorio nazionale, e la graduazione nel tempo degli obiettivi di qualità espressi come valori di campo, la realizzazione degli impianti e delle reti rispondenti a rilevanti interessi nazionali, sottesi alle competenze concorrenti di cui all'art. 117, terzo comma, della Costituzione, come quelli che fanno capo alla distribuzione dell'energia e allo sviluppo*

fissati i valori-soglia di cautela per la salute, a livello nazionale, non è consentito alla legislazione regionale derogarli neanche in melius.

2.1 Richiamo delle Leggi di riferimento

- Regio Decreto 11 dicembre 1933 n° 1775 "Testo Unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici";
- Legge 23 agosto 2004, n. 239 "Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia";
- Legge 22 febbraio 2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- DPCM 8 luglio 2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti";
- Decreto 29 maggio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti";
- DPR 8 giugno 2001 n°327 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di Pubblica Utilità" e ss.mm.ii.;
- Legge 24 luglio 1990 n° 241, "Norme sul procedimento amministrativo in materia di conferenza dei servizi" come modificato dalla Legge 11 febbraio 2005, n. 15, dal Decreto legge 14 marzo 2005, n. 35 e dalla Legge 2 aprile 2007, n. 40;
- Decreto Legislativo 22 gennaio 2004 n° 42 "Codice dei Beni Ambientali e del Paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137";
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 dicembre 2005 "Individuazione della documentazione necessaria alla verifica della compatibilità paesaggistica degli interventi proposti, ai sensi dell'articolo 146, comma 3, del Codice dei beni culturali e del paesaggio di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42";

---

dei sistemi di telecomunicazione. Tali interessi, ancorché non resi espliciti nel dettato della legge quadro in esame, sono indubbiamente sottesi alla considerazione del "preminente interesse nazionale alla definizione di criteri unitari e di normative omogenee" che, secondo l'art. 4, comma 1, lettera a, della legge quadro, fonda l'attribuzione allo Stato della funzione di determinare detti valori–soglia. In sostanza, la fissazione a livello nazionale dei valori–soglia, non derogabili dalle Regioni nemmeno in senso più restrittivo, rappresenta il punto di equilibrio fra le esigenze contrapposte di evitare al massimo l'impatto delle emissioni elettromagnetiche, e di realizzare impianti necessari al paese, nella logica per cui la competenza delle Regioni in materia di trasporto dell'energia e di ordinamento della comunicazione è di tipo concorrente, vincolata ai principi fondamentali stabiliti dalle leggi dello Stato. Tutt'altro discorso è a farsi circa le discipline localizzative e territoriali. A questo proposito è logico che riprenda pieno vigore l'autonoma capacità delle Regioni e degli enti locali di regolare l'uso del proprio territorio, purché, ovviamente, criteri localizzativi e standard urbanistici rispettino le esigenze della pianificazione nazionale degli impianti e non siano, nel merito, tali da impedire od ostacolare ingiustificatamente l'insediamento degli stessi".

- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 “Norme in materia ambientale” e ss.mm.ii.;
- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica. Applicazione delle norme sul cemento armato”;
- Decreto Interministeriale 21 marzo 1968 n. 449 “Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne”;
- Decreto Interministeriale 16 gennaio 1991 n. 1260 “Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne”;
- Decreto Interministeriale del 05/08/1998 “Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione ed esercizio delle linee elettriche aeree esterne”;

2.2 Richiamo delle Norme tecniche di riferimento

2.2.1 Norme CEI

- CEI 11-4, “Norme tecniche per la costruzione di linee elettriche aeree esterne”, sesta edizione, 2011:01 sostituita da CEI EN 50341-2-13/A1 “Linee elettriche aeree con tensione superiore a 1 kV in c.a.”, 2017:09
- CEI 11-60, “Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne”, seconda edizione, 2002-06
- CEI 11-17, “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione dell’energia elettrica – Linee in cavo”, terza edizione, 2006-07
- CEI 211-4, “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”, seconda edizione, 2008-09
- CEI 211-6, “Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana”, prima edizione, 2001-01
- CEI 103-6 “Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell’induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto”, terza edizione, 1997:12
- CEI 106-11, “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) - Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo”, prima edizione, 2006:02

2.2.2 Norme tecniche diverse

- Unificazione TERNA, “Linee in cavo AT”;
- UX LK401 Prescrizioni per il progetto elettrico e la progettazione del tracciato dei collegamenti in cavo;
- UX LK411 Prescrizioni per l’esecuzione delle opere civili connesse alla posa dei cavi.

3 CARATTERISTICHE DELL'ELETTRODOTTO IN CAVO OGGETTO DI VALUTAZIONE DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO

3.1 Caratteristiche principali elettriche dell'elettrodotto oggetto di nuova costruzione

Di seguito sono sintetizzate le principali caratteristiche elettriche dell'elettrodotto che si intende realizzare o che necessita prendere in esame per lo studio dei campi elettromagnetici.

Relativamente alle caratteristiche elettriche è opportuno osservare che la corrente nominale rappresenta un valore convenzionale di corrente da non confondere con la portata in corrente in servizio normale (PCNS) del conduttore, definita dalla norma CEI 11-60 e che sarà utilizzata ai fini della valutazione del campo di induzione magnetica e per le fasce di rispetto.

3.1.1 Caratteristiche principali dell'elettrodotto in cavo a 220 kV

L'elettrodotto, sarà costituito da terne di cavi unipolari, con isolamento in XLPE (polietilene reticolato), costituiti da un conduttore a corda rotonda compatta (tipo milliken) di rame ricotto non stagnato oppure di alluminio, avente sezione pari a 1600 mm^2.

Le caratteristiche elettriche dell'elettrodotto in cavo da realizzare e le caratteristiche dei cavi utilizzati considerate per il calcolo dei campi elettrico e magnetico sono le seguenti:

PARAMETRO	VALORE
Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale	220 kV
Corrente nominale	800 A
Potenza nominale	100 MVA
Sezione nominale del conduttore	1600 mm^2
Isolante	XLPE
Diametro esterno massimo	121.8 mm

3.2 Caratteristiche geometriche dell'elettrodotto in cavo

Per l'elettrodotto in esame, si è scelta la sezione di posa a doppia terna, a "trifoglio", alloggiata in un unico scavo con setto separatore. Solo una delle due terne sarà in esercizio. L'altra, che sarà utilizzata solo in caso di guasto, è pensata per aumentare la ridondanza di alimentazione e la resilienza del sistema di trasmissione garantendo una sicura continuità del servizio. Per completezza, in Figura 1 è riportato il tipologico di posa.**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

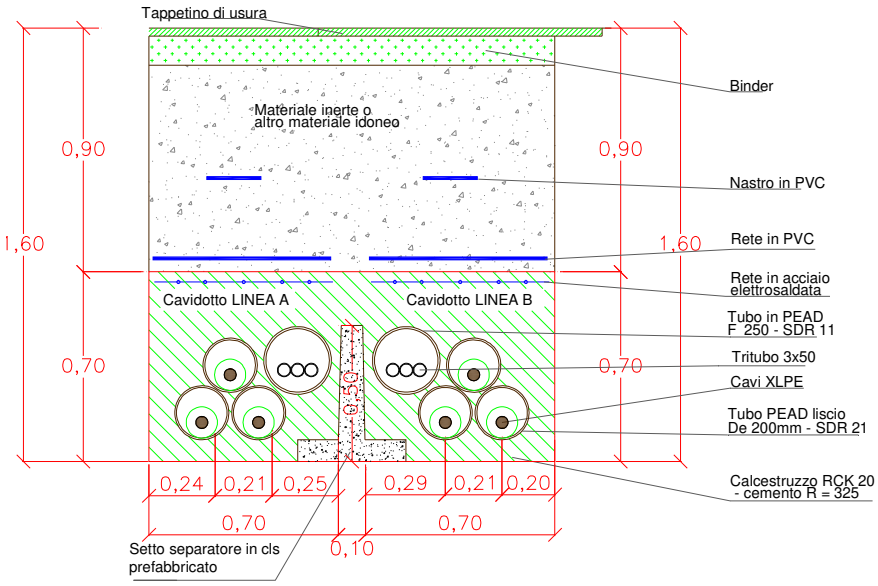


Figura 1 - Posa a trifoglio in doppia terna

La scelta di tale schema di posa è motivata dal passaggio degli elettrodotti in aree urbane: i valori del campo magnetico degli elettrodotti posati con lo schema a "Trifoglio" sono inferiori rispetto a quelli assunti dallo stesso campo relativamente ad elettrodotti posati con schema in "Piano".

Con lo schema di posa a "Trifoglio" il campo magnetico assume valori trascurabili già a pochissimi metri dall'asse linea.

La profondità di posa è di 1,5/160 m mentre la distanza tra l'asse delle terne è pari a 1,00 m. Nel caso di specie, per il calcolo dei campi elettromagnetici, si sono considerate le due linee sia con energizzazione singola terna che con energizzazione delle due terne. Dallo schema grafico riportato sugli elaborati grafici si assume il valore massimo delle due terne in esercizio per assolute ragioni di sicurezza.

Problemi legati al trasporto e messa in opera dei cavi fanno sì che, in genere, non si realizzino pezzature di cavo superiori ai seicento-settecento metri; ecco quindi la necessità di realizzare dei giunti, per elettrodotti di lunghezza superiore. La posizione delle buche giunti è accuratamente studiata in fase di progettazione ed in corrispondenza di queste, la disposizione dei cavi non è più a trifoglio ma bensì in piano.

3.3 Disposizione delle fasi

Così come previsto dal documento ISPRA "*Disposizioni integrative/interpretative linee guida decreti 29/05/2008*", per ogni elettrodotto esistente o in progetto che sia oggetto della presente analisi tecnica sui campi elettromagnetici, sarà considerata la reale disposizione geometrica delle fasi elettriche.

3.4 Valori di corrente caratteristici degli elettrodotti interessati e/o interferenti

I valori di corrente caratteristici degli elettrodotti di nuova costruzione, oggetto di variante o semplicemente interferenti sono:

- **Portata in corrente in servizio normale**:
  - Per **elettrodotti in cavo**, è la portata di corrente così come definita dalla norma **Norma CEI 20-21 "Calcolo delle portate dei cavi elettrici. Parte 1: in regime permanente (fattore di carico 100%)" Ed- 2007**
- **Intensità di corrente nominale**: valore convenzionale di corrente di un elettrodotto.
- **Corrente mediana giornaliera massima**: valore della massima mediana giornaliera transitata sull'elettrodotto e registrata negli anni precedenti.
- **Corrente massima storica**: valore massimo di corrente transitata sull'elettrodotto negli anni precedenti.
- **Corrente media**: valore medio di corrente transitata sull'elettrodotto negli anni precedenti.

Nella seguente tabella si riportano i suddetti valori per l'elettrodotto oggetto di analisi nella presente relazione tecnica. Per le correnti massime si riportano i valori relativi al **periodo climatico più sfavorevole**.

ASSET [NUOVO/ ESISTENTE]	NOME COLLEGAMENTO	TENSIONE [kV]	ST/DT	TIPO	CONDUTTORE	ZONA	CORRENTI MASSIME		VALORI REGISTRATI		
							LIMITE FUNZ.	PORTATA CORRENTE SERVIZIO NORMALE	MAX MEDIANA 24 h	MAX	MEDIA
							[A]	[A]	[A]	[A]	[A]
N	CP INFRASTRUCTURE ITALIA LAND 6 S.R.L. DI LISCATE (MI) – CP INFRASTRUCTURE ITALIA LAND 9 S.R.L. DI MELZO (MI)	220	ST	Cavo	Cavo: 1 x Al 1600 mm²	N.A.	N.A.	Cavo: 800 (IEC 60287)	N.A.	N.A.	N.A.

4 VALUTAZIONE CAMPO ELETTRICO PER L'ELETTRODOTTO INTERESSATO DALL'OPERA

Nel caso di cavi interrati, la presenza dello schermo e la relativa vicinanza dei conduttori delle tre fasi elettriche rende di fatto il campo elettrico nullo ovunque. Pertanto il rispetto della normativa vigente in corrispondenza dei recettori interessati è sempre garantito indipendentemente dalla distanza degli stessi dall'elettrodotto. Non si riporta rappresentazione del calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché il campo elettrico esterno al cavo è nullo.

5 VALUTAZIONE DELLE FASCE DI RISPETTO E DELL'INDUZIONE MAGNETICA

5.1 Definizioni

Per "**fasce di rispetto**" si intendono quelle definite dalla Legge 22 febbraio 2001 n° 36, all'interno delle quali non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore, da determinare in conformità alla metodologia di cui al D.P.C.M. 08/07/2003.

Tale DPCM prevede (art. 6 comma 2) che l'APAT, sentite le ARPA, definisca la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l'approvazione del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Con Decreto 29 maggio 2008 (pubblicato in G.U. n. 156 del 05/07/2008 – Supplemento Ordinario n. 160) il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha approvato la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti.

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, il Decreto 29 Maggio 2008 prevede che il gestore debba calcolare la "distanza di prima approssimazione (DPA)", definita come "la distanza in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea, che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto".

5.2 Metodologia di valutazione

Per la valutazione delle fasce di rispetto e del campo di induzione magnetica relativamente ai potenziali recettori interessate si procederà utilizzando la seguente metodologia:

- **Step 1**: si procede alla valutazione tridimensionale del campo di induzione magnetica immaginando la sovrapposizione degli effetti generati da tutti gli elettrodotti (esistenti e di nuova costruzione) nelle reali condizioni di installazione, ipotizzando circolante la massima corrente. Si calcola la **fascia di rispetto** e, quindi, la sua proiezione al suolo;
- **Step 2**: si individuano le **strutture interessate** che ricadono all'interno della proiezione della fascia di rispetto. Esse vengono categorizzate attraverso l'analisi della documentazione catastale, delle carte tecniche regionali e da sopralluoghi in sito.
- **Step 3**: si effettua una valutazione di campo di induzione magnetica, considerando sempre le condizioni reali di installazione fascia di rispetto, considerando il solo contributo degli elettrodotti esistenti. Così come previsto dalla metodologia di cui al **documento ISPRA "*Disposizioni integrative/interpretative sui decreti del 29/05/2008*"**, si utilizza, come valore di corrente di esercizio, la massima mediana giornaliera nelle 24 ore. Per i recettori interessate all'interno della proiezione della fascia di rispetto si è quindi calcolato un valore di induzione magnetica denominato Bmax.

- **Step 4**: si effettua una valutazione di campo di induzione magnetica, considerando sempre le condizioni reali di installazione per gli elettrodotti esistenti e di nuova costruzione, considerando come correnti circolanti:
  - Per gli elettrodotti esistenti: il valore massimo della mediana giornaliera nelle 24 ore;
  - Per gli elettrodotti di nuova costruzione: il valore della portata di corrente in servizio normale così come definita dalla norma CEI 11-60.

  A conclusione di questa fase, per i recettori interessate, sarà stato determinato il valore cumulato denominato BTOT. Questo valore tiene conto dell'effetto cumulato generato dagli elettrodotti esistenti e da quelli di nuova realizzazione;
- **Step 5**: si procede quindi a verificare che la realizzazione dei nuovi elettrodotti non peggiori sostanzialmente l'esposizione al campo di induzione magnetica. La verifica per i singoli recettori sarà la seguente:

BTOT ≤ 3	se	BMAX<3
BTOT ≤ BMAX +0.1	se	BMAX≥3

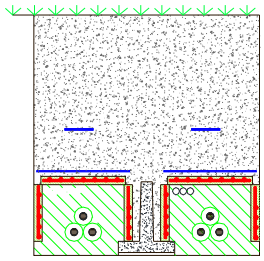
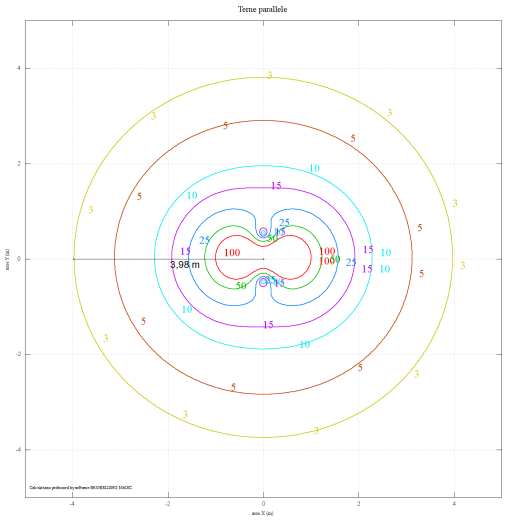
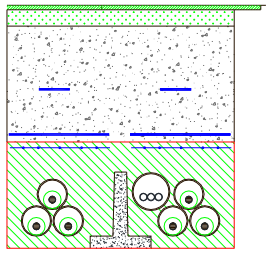
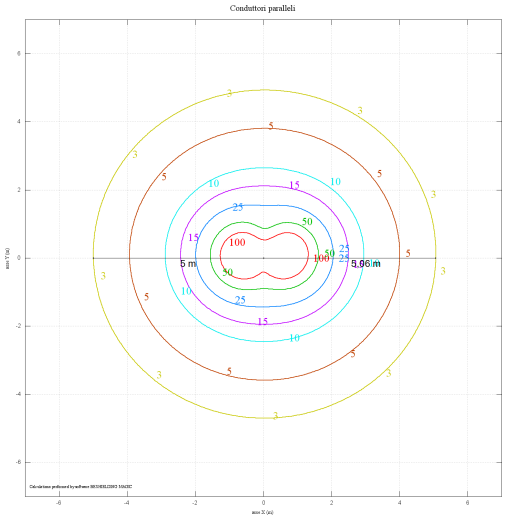
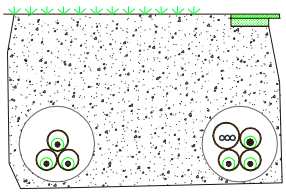
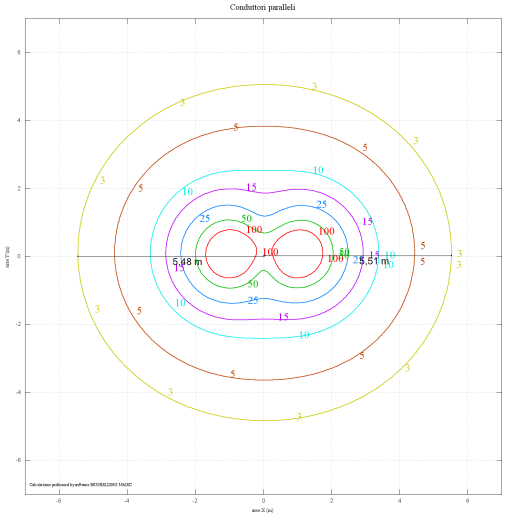
5.3 Calcolo delle fasce di rispetto

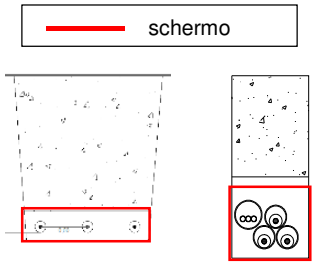
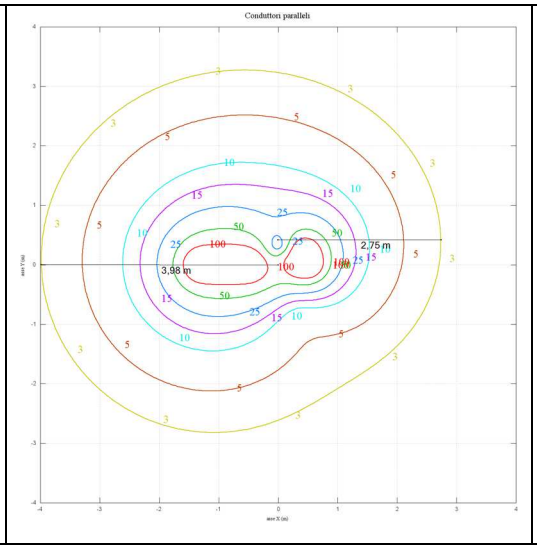
Per il calcolo della fascia di rispetto ovvero della DPA, per il collegamento in progetto, composti dalla parte in cavo e dell'area della C.P., sono state presi in considerazione i seguenti valori di corrente:

NUOVO/ ESISTENTE	NOME COLLEGAMENTO	TENSIONE [kV]	ST/DT	TIPO	CONDUTTORE	ZONA	CORRENTI MASSIME	
							LIMITE FUNZ.	PORTATA CORRENTE SERVIZIO NORMALE
							[A]	[A]
N	CP INFRASTRUCTURE ITALIA LAND 6 S.R.L. DI LISCATE (MI) – CP INFRASTRUCTURE ITALIA LAND 9 S.R.L. DI MELZO (MI)	220	ST	Cavo	Cavo: 1 x Al 1600 mm²	N.A.	N.A.	Cavo: 800 (IEC 60287)

5.3.1 Calcolo delle fasce di rispetto per la linea in cavo

Il valore del campo magnetico generato da un elettrodotto in cavo e la rispettiva fascia di rispetto può essere ottenuta utilizzando il programma "*MAGIC® – Magnetic Induction Calculation*" sviluppato da *BEShielding S.r.l.* in aderenza alla norma CEI 211-4 ed in conformità a quanto disposto dal DPCM 08/07/03. La tabella di seguito riportata sintetizza i risultati ottenuti dalle simulazioni, nel caso di un elettrodotto a 220 kV con la corrente nominale di 800 A.

DESCRIZIONE	DISPOSIZIONE ESEMPLIFICATIVA	VALORE CAMPO INDUZIONE MAGNETICA [µT]	VALORE FASCIA RISPETTO [m]
Elettrodotto in cavo DT con posa a trifoglio (interasse 1 m)			**3,98 m** ***(raggio del cilindroide)*** ***ovvero DPA***
Elettrodotto in cavo DT con posa in tubiera (interasse 1 m)			**5,06 m** ***(raggio del cilindroide)*** ***ovvero DPA***
Elettrodotto in cavo DT con posa in T.O.C. (interasse 2 m)			**5,51 m** ***(raggio del cilindroide)*** ***ovvero DPA***

Disposizione esemplificativa di una terna in tubiera in corrispondenza di una buca giunti CON SCHERMATURA			**3,98-2,75 m** ***(raggio del cilindroide)*** ***ovvero DPA***

I risultati ottenuti illustrano come nel primo caso, per singola terna si opera in sicurezza se si assume una DPA di 5 m per lato rispetto all'asse dell'elettrodotto e nel secondo caso, ipotizzando le due terne contemporaneamente in funzione, si opera in sicurezza se si assume una DPA di 6 m per lato rispetto all'asse dell'elettrodotto. In particolare si osserva che ad 1 metro da terra il valore del campo di induzione magnetica è ovunque nullo.

Nel caso di specie, per il calcolo dei campi elettromagnetici, si sono considerate le due linee sia con energizzazione singola terna che con energizzazione delle due terne. Dallo schema grafico riportato sugli elaborati grafici si assume il valore massimo delle due terne in esercizio per assolute ragioni di sicurezza. Fatte queste valutazioni, si è ritenuto opportuno considerare una DPA che assume i valori massimi nella eventualità che le due terne di cavi siano entrambe in esercizio e senza schermatura, pertanto la DPA riportata sugli elaborati grafici sarà di 5 m per lato rispetto all'asse dell'elettrodotto ST, 6 m per lato rispetto all'asse dell'elettrodotto DT . Per quanto concerne le buche giunti la DPA assunta è pari a m 8.00 per lato rispetto all'asse dell'elettrodotto ST, 11 m per lato rispetto all'asse dell'elettrodotto DT, in quest'ultimo caso è stato ipotizzato anche l'eventualità che potessero essere realizzate due buche giunti affiancate.

Tale caso è ipotetico in quanto il progetto non prevede la realizzazione delle BG affiancate. In ogni caso bisogna tener conto che l'elettrodotto, se pur in doppia terna di cavi, uno sarà solo di backup. Per rimanere nei parametri della sicurezza, le verifiche su riportate sono state effettuate anche in considerazione che le due terne di cavi siano entrambi in esercizio. Gli elaborati grafici riportano gli schemi peggiorativi con l'elettrodotto privo di schermatura a vantaggio della sicurezza.

Vale la pena osservare che l'individuazione delle buche giunti potrà però dirsi definitiva solo in fase di **progettazione esecutiva** a seguito di specifiche prove di ispezione del sottosuolo per valutarne l'idoneità al posizionamento. Pertanto, qualora nella progettazione esecutiva ci dovessero essere delle variazioni al tracciato e/o alla dislocazione delle buche giunti, verrà effettuata una nuova valutazione delle fasce di

rispetto. Sin da ora però è possibile dire che qualunque sarà la collocazione delle buche giunti e del tracciato a seguito del progetto esecutivo, l'impiego delle canalette schermanti o dei loop passivi di fattore di attenuazione opportuno consentirà il rispetto ovunque dell'obiettivo di qualità di 3 µT.

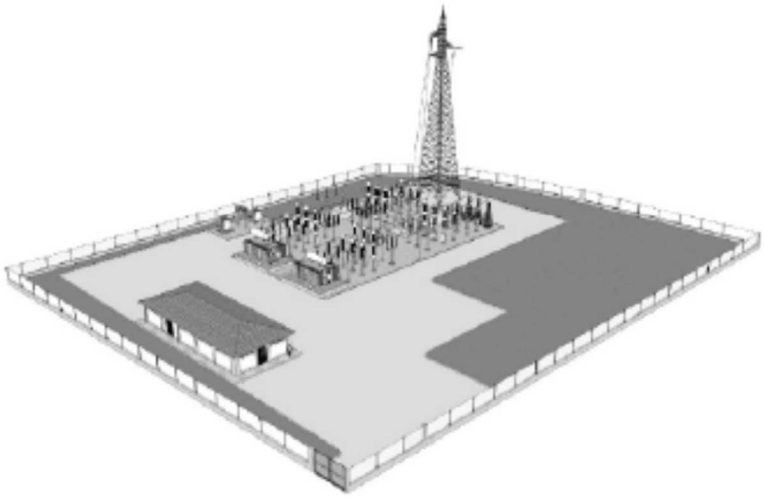
Il posizionamento della fascia di rispetto è riportato nella seguente documentazione allegata:

- Planimetria Catastale con DPA
- CTR con DPA
- Ortofoto con DPA

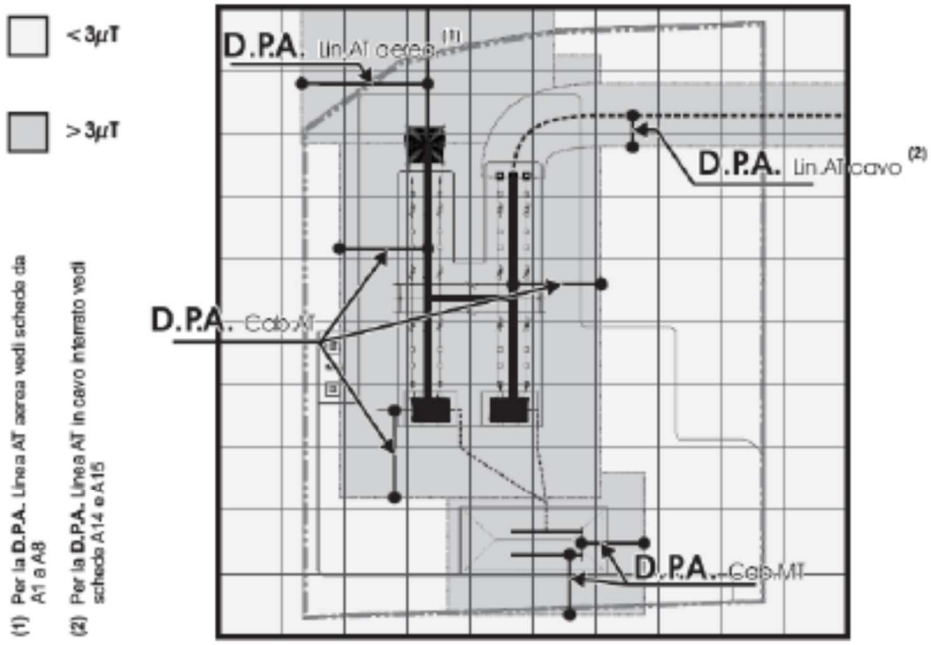
5.3.2 Calcolo delle fasce di rispetto per la Cabina Primaria

Ai fini della determinazione del campo elettromagnetico generato abbiamo assunto come base lo studio condotto da E_Distribuzione vedi tabella A16. Lo studio condotto da E_Distribuzione con il software EMF Tools V. 3.0 del CESI e con modellizzazione delle sorgenti congruente con le linee guida della CEI211-4 ha dato il risultato esposto in tabella A16 con una DPA dal centro sbarre della C.P. di 14,00 mt. Lo studio condotto da E_Distribuzione ha, alla base del calcolo n° 2 trasformatori da 63 MVA eserciti in parallelo ed in sovraccarico del 50% con corrente circolante sulle sbarre di 870 A.

A16 - Cabina primaria isolata in aria (132/150-15/20 kV)



RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.



Tipologia trasformatore [MVA]	CABINA PRIMARIA						
	D.P.A. Cab. da centro sbarre AT	Distanza tra le fasi AT	Corrente	D.P.A. Cab. da centro sbarre MT	Distanza tra le fasi MT	Corrente	*Riferimento*
	m	m	A	m	m	A	
63	**14**	2.20	870	**7**	0.38	2332	*A16*

6 INDIVIDUAZIONE ED ANALISI DELLE STRUTTURE INTERESSATE

6.1 Dati utilizzati per l'individuazione e l'analisi

L'individuazione ed analisi delle strutture interessate, così come riportato nel paragrafo metodologico, è stata effettuata all'interno della proiezione al suolo della fascia di rispetto.

Per lo svolgimento dell'attività si è fatto riferimento a tutte le informazioni disponibili:

1. Carta Tecnica Regionale ufficiale
2. Planimetrie catastali aggiornate a febbraio 2025
3. Ortofoto
4. Ricognizione ulteriore sul campo condotta nel ottobre 2024

Queste informazioni hanno consentito di avere una individuazione fedele, univoca e di dettaglio delle strutture presenti sul territorio.

Si vuole evidenziare che le informazioni di tipo catastale sono utilizzate solo per classificare le strutture e non per desumerne dati tecnici e/o geometrici. Infatti l'oramai nota mancanza di aggiornamento del sistema del Catasto non è attendibile né per la forma delle strutture e né per la loro collocazione geografica.

6.2 Individuazione delle strutture potenzialmente interessate

Dopo aver individuato la proiezione della fascia di rispetto si è proceduto alla individuazione delle **strutture interessate** che ricadono al suo interno, ricorrendo alle informazioni desunte come descritto nel paragrafo precedente,

Le strutture ricadenti nella fascia di rispetto sono state classificate nel modo seguente:

- **Strutture categoria 1**: strutture presenti sulla planimetria catastale e/o CTR ma che non risultano presenti da sopralluoghi in sito;
- **Strutture categoria 2**: strutture presenti, individuate con ricorso a tutte le informazioni disponibili di cui al paragrafo 6.1 che non sono classificabili come “luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere” dal momento che ricorrono contemporaneamente le seguenti condizioni:
  - fabbricati non sono residenziali, ma sono classificati come “fabbricati rurali”;
  - depositi agricoli, ruderi, etc
  - Fabbricati o ruderi in stato di abbandono e/o uno stato di totale inabitabilità degli stessi.
- **Strutture categoria 3**: strutture presenti sulla planimetria che possono essere classificabili come “luoghi adibiti a permanenze non inferiori alle quattro ore giornaliere”

Vale la pena evidenziare che tutte le strutture quali "ruderi", "baracche", "tettoie", "deposito attrezzi", "deposito agricoli", non possono essere considerate in alcun modo recettori sensibili dal momento che per

le loro caratteristiche non hanno le condizioni di abitabilità o che consentono la permanenza di persone per un tempo superiore alle 4 ore giornaliere.

Inoltre con particolare riferimento ai "**ruderi**", se pure si volesse procedere ad una ristrutturazione per renderlo agibile, tale opera richiederebbe il rilascio di un titolo edilizio (SCIA, Permesso di Costruire o alto atto) da parte dell'Ufficio tecnico del Comune in cui ricade la struttura. Il titolo autorizzativo per la ristrutturazione del rudere risulterebbe non rilasciabile per le seguenti motivazioni:

- durante l'iter di autorizzazione degli elettrodotti sono vigenti le misure di salvaguardia emanate con l'Avvio del Procedimento Autorizzativo.

Le strutture potenzialmente sensibili sono riportate su due differenti tipologie di elaborati in modo da poterne evidenziare i differenti aspetti. In particolare si è provveduto a riportare le informazioni su carta tecnica regionale e su planimetria catastale, come mostrato nei documenti sotto indicati:

- Su planimetria catastale in scala 1:2000
- Su CTR in scala 1:5000

6.2.1 Strutture categoria 1

Dai sopralluoghi effettuati non è stata individuata alcuna struttura appartenete a detta categoria.

6.2.2 Strutture categoria 2

Dai sopralluoghi effettuati non è stata individuata alcuna struttura appartenete a detta categoria.

6.2.3 Strutture categoria 3

Non sono stati individuate strutture interessate all'interno della fascia relativa all'elettrodotto in cavo.

7 CONCLUSIONI

In conclusione dalle valutazioni effettuate si conferma che i tracciati degli elettrodotti oggetto di realizzazione sono stati studiati in modo da rispettare i limiti previsti dal DPCM 8 luglio 2003:

- il valore del campo di induzione magnetica, in corrispondenza dei punti di interesse (abitazioni, aree in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata) è sempre inferiore a 3 μT;
- che il tracciato dell'elettrodotto in cavo è stato studiato in modo da non interferire con strutture classificabili come recettori potenzialmente sensibili.

Si può concludere che, per le strutture in cui nelle attuali condizioni di esercizio è verificato l'obiettivo di qualità di 3μT (BMAX<3μT).

INFRASTRUCTURE ITALIA LAND 9 S.R.L.
VIA DEL BOSCO RINNOVATO, 6
20057 Assago (MI)
infrastructure.italia.land9@twtcert.it

APPENDICE

1 Schermature

Lo sviluppo del tracciato ipotizzato non richiede, secondo le valutazioni effettuate in questa fase, l'impiego di schermi che consentano di diminuire il valore del campo di induzione magnetica e, quindi, il volume della fascia di rispetto in prossimità di zone sensibili. Tuttavia, qualora in fase esecutiva, se ne riscontri la necessità, si provvederà al dimensionamento di concerto con il costruttore dei cavi.
Di seguito vengono illustrate le tecniche di posa con schermatura comunemente utilizzate:

1. ***canalette*** di materiale ferromagnetico riempite con cemento a resistività termica stabilizzata;
2. ***loop passivi***, consistenti in cavi elettrici appositamente dimensionati posti ai bordi del cavidotto.

1.1 Canalette schermanti

Le canalette hanno dimensioni variabili in funzione del diametro dei cavi e sono costituite da unità a pianta trapezoidale sequenziabili atte a realizzare percorsi complessi, anche non lineari e non planari, in configurazione chiusa specifica per interramento, con protezione dalla corrosione tramite un ciclo di verniciatura a polvere epossidica in grado di garantire un'ottima resistenza alla corrosione anche in ambienti aggressivi. Sono provviste di coperchio che viene bloccato con morsetti di fissaggio per garantire il contatto tra lo stesso e lo scafo Le giunzioni sono studiate in modo che la sfruttabilità dei giochi e l'elasticità relativa degli elementi permettano di adeguare la canaletta al tracciato di posa della linea..

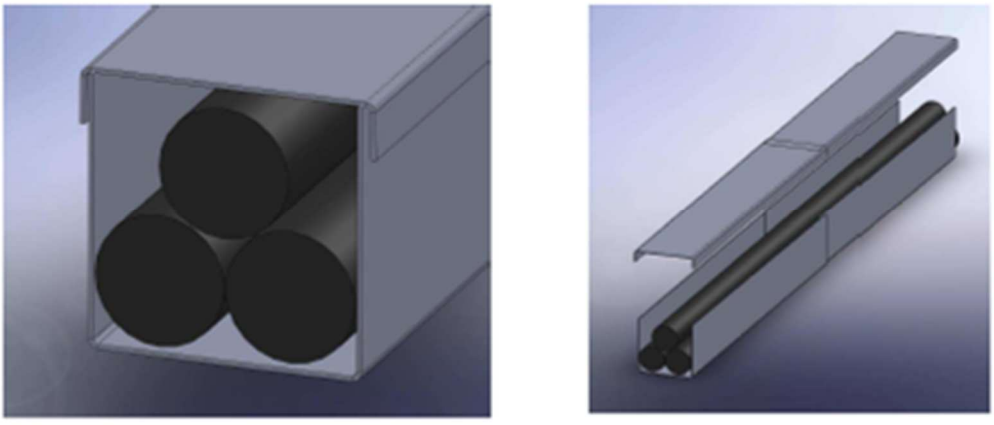


Figura 2 - Canaletta schermante per elettrodotto

Diversa è invece la geometria degli elementi costituenti la canaletta nel caso di schermatura dei tratti in corrispondenza delle buche giunti. In questo caso, il manufatto è realizzato mediante l'utilizzo di due elementi ad imbuto, da una base modulare da porre in opera prima della realizzazione dei giunti e da un coperchio, anch'esso modulare, posato con semplice appoggio guidato sui bordi (vedi Figura 3).

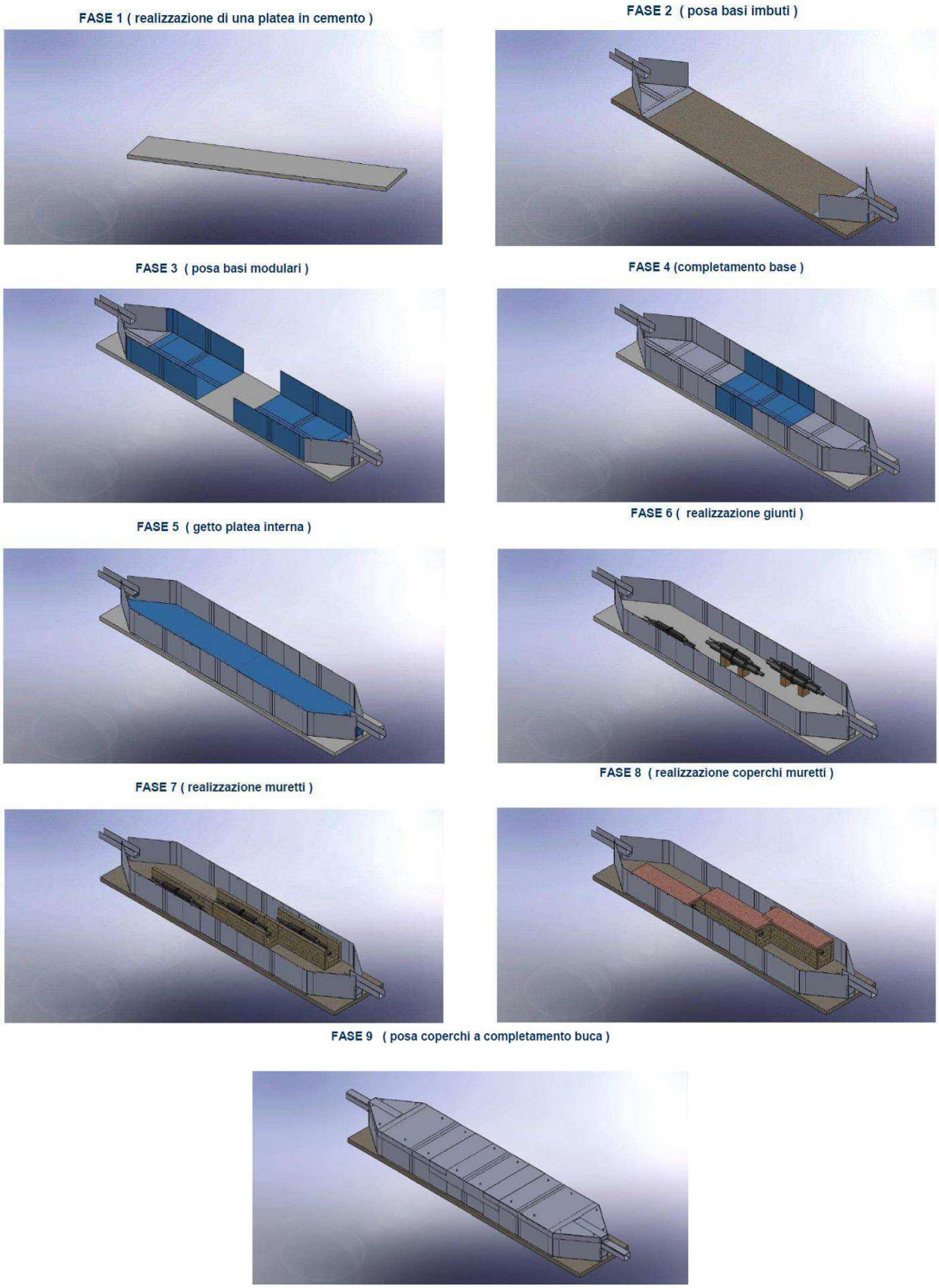


Figura 3 – Fasi di installazione di canaletta schermante per Buca Giunti

1.1.1 Capacità schermante delle canalette

La SELITE, azienda leader nel settore delle schermature di campi magnetici a frequenza industriale, produttrice di canalette omologate nel 2009 da Terna in accordo alle loro prescrizioni tecniche, ha eseguito, mediante il software dedicato FC400, studi teorici sulla capacità schermante delle canalette relativamente a cavi aventi le medesime caratteristiche, elettriche e di posa, di quelle dei cavi utilizzati per la realizzazione degli elettrodotti in cavo oggetto della seguente relazione, che dimostrano che è possibile ottenere valori di capacità schermante che vanno da un minimo di **18 dB** ad un massimo di **40 dB** a seconda della composizione e del dimensionamento delle stesse canalette e, per i tratti in corrispondenza delle **buche giunti**, valori di capacità schermante che vanno da un minimo di **26 dB** ad un massimo di **35 dB**.

In particolare, definendo H1 e H2 i valori del campo magnetico senza e con l'interposizione dello schermo, il valore di capacità schermante (SE) è data da:

$$SE = 20 * \log (H1/H2)$$

Si può notare come:

- in corrispondenza del valore minimo di capacità schermante ottenibile (18dB) si abbia un'attenuazione del campo magnetico pari a 7,9. Ovvero il campo magnetico con l'utilizzo della schermatura viene attenuato di ben 7,9 volte rispetto a quello generato dal cavo senza l'utilizzo di schermatura.
- per i tratti in corrispondenza delle buche giunti, in corrispondenza del valore minimo di capacità schermante ottenibile (26dB) si abbia un'attenuazione del campo magnetico pari a 19,95. Ovvero il campo magnetico con l'utilizzo della schermatura viene attenuato di ben 19,95 volte rispetto a quello generato dal cavo senza l'utilizzo di schermatura.

È dimostrato come l'impiego degli schermi consenta il rispetto del limite di qualità di 3 µT, imposto dal D.P.C.M. dell'8 luglio 2003, in tutte le configurazioni di posa dei cavi e delle buche giunti, scegliendo opportunamente la tipologia di schermo.

I su citati studi teorici sono stati inoltre supportati da misure sperimentali e prove di laboratorio. A titolo di esempio si riporta il grafico relativo agli andamenti sperimentali del campo magnetico ad un metro dal suolo prodotto da una linea ad AT in cavo interrato, nella posa a trifoglio, alla profondità di 1,5m. Le curve rappresentano il campo magnetico senza canaletta e con canaletta schermante del tipo 1FT4 in tre diverse posizioni: sull'asse della linea, a 1,5 e 3 m lateralmente all'asse linea.

INFRASTRUCTURE ITALIA LAND 9 S.R.L.
VIA DEL BOSCO RINNOVATO, 6
20057 Assago (MI)
infrastructure.italia.land9@twtcert.it

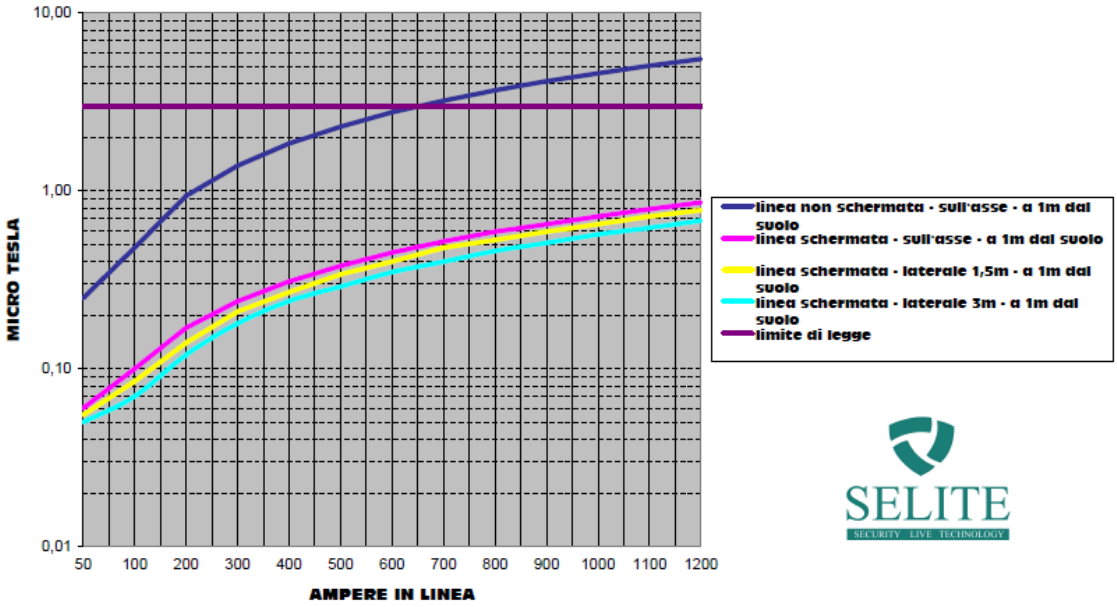


Figura 4 – SELITE: Capacità schermante canaletta 1FT4L1500/224 verniciata

1.2 Loop Passivi

Altro sistema utilizzato è la schermatura mediante l'impiego di anelli con cavi passivi, che si basa sulla considerazione fisica secondo la quale in un anello chiuso di elementi conduttori, disposti in prossimità di un circuito (trifase) in cui circola corrente alternata, si genera una corrente, anch'essa alternata, che produce un flusso magnetico che si oppone a quello che lo ha generato e dunque può essere utilizzato per schermare il campo magnetico; se la geometria con cui viene disposto il circuito passivo è opportuna, si riesce a ridurre il campo magnetico nella zona d'interesse.

Il circuito passivo deve essere vicino al circuito da schermare, e lontano dalla zona che deve essere schermata, dunque saranno disposti all'interno della trincea di posa del cavo.

Occorre evidenziare che nella schermatura ad anelli, i cavi passivi sono tutti cortocircuitati alle due estremità del tratto schermato, con l'utilizzo di una o più morsettiere per ciascuna estremità. In questo modo si ottiene un numero di anelli superiore rispetto a quello ottenuto con singoli anelli isolati tra loro.

Le stesse considerazioni descritte per una schermatura di una trincea possono ritenersi valide anche per quanto attiene la schermatura delle buche giunti.